



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**SIMULASI *ACTIVE BALANCING* PADA BATERAI
PLTS *OFF-GRID* MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*
CONTROLLER**

SKRIPSI

Oleh:

Muhamad Fazri Muchlas

NIM. 2102321031

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JULI, 2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**SIMULASI *ACTIVE BALANCING* PADA BATERAI
PLTS *OFF-GRID* MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*
CONTROLLER**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana
Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Muhamad Fazri Muchlas

NIM. 2102321031

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



“Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua, kakak , adik - adik, dan teman - teman yang selalu mendoakan dan memberikan dukungannya.”

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

SIMULASI *ACTIVE BALANCING* PADA BATERAI PLTS *OFF-GRID* MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

Oleh:

Muhamad Fazri Muchlas

NIM: 2102321031

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skrripsi telah di setuju oleh pembimbing

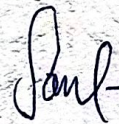
Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi



Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T.
NIP. 199403092019031013

Pembimbing 1



Dr., Sonki Prasetya, S.T., M.Sc.
NIP. 197512222008121003

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

SIMULASI *ACTIVE BALANCING* PADA BATERAI PLTS *OFF-GRID* MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

Oleh:

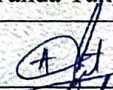
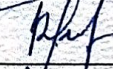
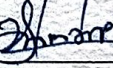
Muhamad Fazri Muchlas

NIM. 2102321031

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan dihadapan Dewan Penguji pada tanggal 22 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin.

Dewan Penguji

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ahmad Bustomi, ST., M.Tr.T. NIP. 199107252024061001	Ketua		30/7/25
2.	Ir. Benhur Nainggolan, M.T. NIP. 196106251990031003	Penguji 1		30/7/2025
3.	P. Jannus, S.T., M.T. NIP. 196304261988031004	Penguji 2		28/7/2025

Jakarta, 22 Juli 2025

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng.Ir. Muslimin, S.T., M.T. IWE.

NIP. 197707142008121005

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Fazri Muchlas

NIM : 2102321031

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang di tuliskan dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan , atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Jakarta, 22 Juli 2025



Muhamad Fazri Muchlas
NIM. 2102321031



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SIMULASI *ACTIVE BALANCING* PADA BATERAI PLTS *OFF-GRID* MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

Muhamad Fazri Muchlas¹⁾, Sonki Prasetya¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424
Email: fazrimuch1@gmail.com

ABSTRAK

Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memerlukan sistem penyimpanan energi yang andal untuk menjamin ketersediaan daya saat penukaran baterai berlangsung. Salah satu komponen penting dalam sistem ini adalah bank baterai PLTS yang berfungsi menyimpan energi dari panel surya. Namun, dalam pengoperasiannya sering terjadi ketidakseimbangan *state of charge* (SOC) antar baterai, yang dapat menurunkan efisiensi pengisian dan mempercepat degradasi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja metode *active balancing* berbasis konverter *buck-boost* pada bank baterai VRLA, menggunakan dua pendekatan kendali, yaitu *duty cycle* tetap dan *fuzzy logic controller* (FLC). Simulasi dilakukan pada empat baterai VRLA 12V 200Ah yang dikonfigurasi menjadi 48V untuk mendukung sistem PLTS off-grid. FLC dirancang dengan dua input, yaitu selisih SOC dan rata-rata SOC, serta satu output berupa sinyal PWM untuk mengatur *duty cycle*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa FLC mampu menyeimbangkan SOC antar baterai dalam waktu 71,8 detik, lebih cepat dibandingkan metode *duty cycle* tetap yang memerlukan 302 detik. Namun, kedua metode masih menunjukkan riak arus yang cukup besar selama proses penyeimbangan akibat switching pada saklar MOSFET.

Kata kunci: Penyeimbang Aktif Baterai, Konverter Buck-Boost, Fuzzy Logic Controller, PLTS Off-Grid, Baterai VRLA, Battery Management System



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SIMULASI *ACTIVE BALANCING* PADA BATERAI PLTS *OFF-GRID* MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER*

Muhamad Fazri Muchlas¹⁾, Sonki Prasetya¹⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424
Email: fazrimuch1@gmail.com

ABSTRACT

Battery Swap Stations for Electric Vehicles (SPBKLU) powered by Solar Power Plants (PLTS) require a reliable energy storage system to ensure power availability during battery exchange operations. One of the key components in this system is the PLTS battery bank, which functions to store energy generated from solar panels. However, during operation, an imbalance in the state of charge (SOC) between batteries often occurs, which can reduce charging efficiency and accelerate battery degradation. This study aims to compare the performance of an active balancing method based on a buck-boost converter applied to a VRLA battery bank. The comparison involves two control methods, namely the fixed duty cycle method and the fuzzy logic controller (FLC). The simulation was conducted on four 12V 200Ah VRLA batteries configured into a 48V off-grid PLTS system. The FLC was designed using two inputs, which are the SOC difference and the average SOC, and one output in the form of a PWM signal to regulate the duty cycle. The simulation results show that the FLC can balance SOC between batteries in 71.8 seconds, which is faster than the fixed duty cycle method that requires 302 seconds. However, both methods still exhibit significant current ripple due to MOSFET switching during the balancing process.

Keywords: Battery Active Balancing, Buck-Boost Converter, Fuzzy Logic Controller, Off-Grid PV System, VRLA Battery, Battery Management System



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Simulasi *Active Balancing* Pada Baterai PLTS *Off-Grid* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller*” Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Tak lupa, penulis ingin mengucapkan rasa cinta dan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Enjang Suryana, Ibu Yati Tresnawati, kakak dan adik-adik tercinta atas segala doa, dukungan, dan cinta kasih yang tiada henti. Terima kasih telah menjadi tempat berpulang di setiap kegagalan, dan menjadi semangat dalam setiap langkah. Dalam setiap proses yang penuh jatuh bangun ini, kalian menjadi pondasi kokoh untuk menopang hidupku. Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis menghadapi berbagai tantangan dan hambatan. Namun berkat bantuan, arahan, serta dukungan dari banyak pihak, semua itu dapat penulis lalui dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Yuli Mafendro Dedet E.S., S.Pd., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta.
3. Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Teman – teman kelas A Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan hiburan selama proses perkuliahan maupun dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Kepada semua sahabat baik yang selalu membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama bidang konversi energi. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kekurangan, baik dari segi penyusunan maupun isi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi banyak orang.

Depok, 22 Juli 2025

Muhamad Fazri Muchlas





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Pertanyaan Penelitian.....	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.5.1. Tujuan Umum.....	3
1.5.2. Tujuan Khusus.....	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
1.6.1. Manfaat Teoritis.....	4
1.6.2. Manfaat Praktis.....	4



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7. Sistematikan Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Landasan Teori	6
2.1.1. Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum.....	6
2.1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	7
2.1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) <i>Off-Grid</i>	7
2.1.4. Komponen PLTS	8
2.1.5. Maximum Power Point Tracker (MPPT)	12
2.1.6. Baterai Lead-Acid	14
2.1.7. Battery Management System.....	15
2.1.8. Battery Balancing	17
2.1.9. Konverter DC-DC	17
2.1.10. Fuzzy Logic	25
2.1.11. MATLAB.....	26
2.2. Kajian Literatur	27
2.3. Kerangka Pemikiran	31
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1. Jenis Penelitian	32
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	33
3.3. Objek Penelitian	33



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.4. Metode Pengambilan Sampel.....	34
3.5. Metode Pengumpulan Data Penelitian	35
3.6. Jenis dan Sumber Penelitian.....	35
3.7. Metode Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Penentuan Parameter	37
4.2. Perancangan Simulasi.....	40
4.2.1. Perancangan Simulasi PLTS.....	40
4.2.2. Perancangan Buck-Boost Active Balancing.....	41
4.2.3. Perancangan Fuzzy Logic	43
4.3. Pengujian Simulasi.....	47
4.3.1. Pengujian Simulasi PLTS	47
4.3.2. Active balancing duty cycle tetap.....	49
4.3.3. Active balancing Fuzzy Logic Controller	51
4.4. Analisis Hasil Simulasi.....	53
4.4.1. Analisis SOC	53
4.4.2. Analisis Tegangan.....	54
4.4.3. Analisis Arus.....	55
4.5. Analisis Model Konverter	55
4.5.1. Analisis Konverter Bidirectional Buck-Boost.....	55



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.6. Pengujian Model Konverter	62
4.6.1. Pengujian Konverter Saat Mode Buck	62
4.6.2. Pengujian Konverter Saat Mode Boost	63
BAB VI PENUTUP.....	66
6.1. Kesimpulan.....	66
6.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN	73
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	76

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Spesifikasi Panel Surya	34
Tabel 3. 2. Spesifikasi Baterai PLTS	34
Tabel 4. 1. Parameter Konverter Buck PLTS	40
Tabel 4. 2 Parameter Konverter Buck-Boost <i>Active Balancing</i>	42
Tabel 4. 3. Tabel <i>fuzzy rules</i>	46
Tabel 4. 4. Perbandingan Waktu pada Active Balancing	54
Tabel 4. 5 Perbandingan Tegangan pada Active Balancing	54
Tabel 4. 6 Parameter saat mode buck	57
Tabel 4. 7 Parameter saat mode boost	60
Tabel 4. 8 Nilai Parameter Simulasi saat mode buck	63
Tabel 4. 9 Nilai Parameter Simulasi saat mode boost	65



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 SPBKLU PLTS off-grid	6
Gambar 2. 2 Prinsip kerja panel surya	8
Gambar 2. 3 Inverter Hybrid PLTS off-grid	10
Gambar 2. 4 Baterai VRLA PLTS Off-Grid	11
Gambar 2. 5 Kurva I-V (hitam) dan kurva P-V (merah) pada panel surya.	12
Gambar 2. 6 Algoritma P&O	13
Gambar 2. 7 Kurva P-V IC	14
Gambar 2. 8 Rangkaian Sederhana Konverter Buck	18
Gambar 2. 9 Rangkaian Sederhana Konverter Boost	21
Gambar 2. 10 Rangkaian Sederhana Konverter Buck-Boost	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4. 1. Blok PV array pada MATLAB Simulink.	37
Gambar 4. 2. Parameter yang digunakan pada blok PV array	38
Gambar 4. 3. Blok Baterai pada MATLAB Simulink	38
Gambar 4. 4. Parameter Spesifikasi Baterai dan Discharge Baterai	39
Gambar 4. 5. Kurva Pengisian SOC Baterai	39
Gambar 4. 6. Rangkaian Simulasi PLTS dengan Buck Converter	40
Gambar 4. 7 Rangkaian Buck-Boost Active Balancing	41
Gambar 4. 8 Kontrol Logika pada Buck-Boost Active Balancing	42



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 9. Tampilan Fuzzy Logic Designer pada MATLAB R2023b	43
Gambar 4. 10. Membership Function soc_dif.....	44
Gambar 4. 11. Membership function soc_avg.....	44
Gambar 4. 12. Membership function duty_cycle.....	45
Gambar 4. 13 Kontrol Logika pada Buck-Boost Active Balancing dengan Fuzzy Logic Controller	46
Gambar 4. 14 Grafik Daya (merah), Tegangan (coklat) dan Arus (biru) pada Panel Surya.....	47
Gambar 4. 15 Arus (biru) dan Tegangan (hijau) pada Konverter Buck.	48
Gambar 4. 16 SOC pada Baterai PLTS saat pengisian.....	48
Gambar 4. 17 Tegangan pada Baterai PLTS saat pengisian.....	49
Gambar 4. 18. Grafik SOC dengan duty cycle tetap.....	50
Gambar 4. 19. Grafik Arus dengan duty cycle tetap.....	50
Gambar 4. 20 Grafik tegangan dengan duty cycle tetap.....	51
Gambar 4. 21. Grafik SOC dengan FLC.....	52
Gambar 4. 22. Grafik arus dengan FLC	52
Gambar 4. 23. Grafik tegangan dengan FLC	53
Gambar 4. 24 Rangkaian Bidirectional Buck-Boost.....	55
Gambar 4. 25 Rangkaian Mode Konverter Buck	56
Gambar 4. 26 Rangkaian Mode Konverter Boost	59



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 27 Gelombang arus induktor (merah) dan tegangan induktor (biru) saat mode buck. 62

Gambar 4. 28 Gelombang arus kapasitor (merah) dan tegangan kapasitor (biru) saat mode buck. 63

Gambar 4. 29 Gelombang arus induktor (merah) dan tegangan induktor (biru) saat mode boost. 64

Gambar 4. 30 Gelombang arus kapasitor (merah) dan tegangan kapasitor (biru) saat mode boost. 64





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan kendaraan listrik di Indonesia mendorong kebutuhan akan infrastruktur energi terbarukan yang andal, salah satunya melalui Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Namun, integrasi sistem ini tidak lepas dari tantangan teknis, khususnya dalam pengelolaan dan pemeliharaan baterai sebagai penyimpanan energi utama (Muhammad, 2023).

Pada baterai tipe *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) memiliki kepraktisannya dalam hal perawatan (Faisal dkk., 2018). Meski demikian, baterai VRLA yang disusun seri kerap mengalami ketidakseimbangan tegangan antar sel akibat perbedaan internal, usia, atau siklus pakai. Ketidakseimbangan tersebut dapat menurunkan efisiensi pengisian daya dan mempercepat degradasi sel baterai secara keseluruhan (Barsukov, 2009).

Pada penelitian (Fadhila Permana dkk., 2022) dan (Prasetya dkk., 2024), Politeknik Negeri Jakarta telah membangun SPBKLU yang menggunakan PLTS *Off-grid* sebagai sumber tenaganya dengan kapasitas sebesar 2,7 kWp dan baterai penyimpanan berjenis VRLA dengan spesifikasi 12V 200Ah sebanyak 4 buah baterai tersusun seri. Sistem PLTS SPBKLU yang masih belum sempurna memungkinkan untuk adanya penelitian serta pengembangan lebih lanjut.

Solusi untuk mengatasi ketidakseimbangan pada baterai adalah dengan menerapkan sistem *Battery Balancing*. Dengan diterapkannya *Battery Balancing*, *State of Charge* (SOC) pada tiap rangkaian akan memiliki nilai yang sama sehingga dapat menghindari *overcharge* atau *overdischarge* (Barsukov, 2009). Terdapat dua jenis *battery balancing* pada baterai yang umum digunakan, yaitu menggunakan *passive balancing* dan *active balancing*. Pada *passive balancing*, tegangan dari rangkaian sel baterai



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tertinggi akan dibuang melalui resistor hingga mencapai tegangan sel baterai terendah sedangkan pada rangkaian *active balancing* tegangan sel baterai yang tinggi akan dipindahkan menuju tegangan sel baterai yang rendah sampai dapat mencapai nilai keseimbangan antar baterai. Dibandingkan dengan *passive balancing*, *active balancing* lebih efisien karena tidak membuang energi berlebih dalam bentuk panas, melainkan memanfaatkannya untuk menyeimbangkan sel lain (Daowd dkk., 2011).

Penggunaan *active balancing* pada BMS telah banyak dilakukan namun, umumnya digunakan pada baterai berjenis *Lithium-Ion* seperti pada penelitian (Shylla dkk., 2023) yang membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk *active balancing* baterai mencapai keseimbangan dengan *passive balancing*. Jurnal (Hartono & Leksono, 2023) memanfaatkan 2 bentuk *Fuzzy Logic Controller* (FLC) sebagai sistem kontrol *active balancing* dan waktu yang didapat 10.95% lebih cepat pada *Fuzzy Logic Triangular Trapezoidal* dan 7.88% pada *Fuzzy Logic Gaussian Sigmoid* dibandingkan dengan sistem kontrol konvensional.

Metodologi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah kuantitatif komparatif, yaitu mendapatkan hasil perbandingan kuantitatif performa kecepatan *active balancing* menggunakan FLC dengan *active balancing* tanpa FLC pada baterai sistem PLTS SPBKLU saat ini. Hasil perancangan dan pengujian akan disimulasikan menggunakan Simulink dan Fuzzy Logic Toolbox pada *Software* MATLAB.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat beberapa pembahasan masalah yang akan mencakup:

1. Bagaimana merancang dan mensimulasikan sistem PLTS Off-Grid pada MATLAB/Simulink.
2. Bagaimana performa *buck-boost active balancing* dengan FLC dan *duty cycle* tetap pada baterai PLTS SPBKLU.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terstruktur, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Simulasi pengujian dilakukan menggunakan *software* MATLAB/Simulink.
2. Simulasi tidak menghitung temperature pada baterai saat proses balancing.
3. Simulasi dilakukan dalam kondisi pengisian (*charging*).
4. Simulasi dilakukan dalam kondisi tanpa beban (*load*).

1.4. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, maka dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana performa sistem PLTS Off-grid saat disimulasikan di MATLAB/Simulink?
2. Bagaimana perbandingan waktu *balancing*, tegangan dan arus pada saat menggunakan FLC dan *duty cycle* tetap?
3. Bagaimana karakteristik *buck-boost active balancing* dengan FLC dan *duty cycle*?

1.5. Tujuan Penelitian

1.5.1. Tujuan Umum

Tujuan umum yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengembangkan dan menganalisis sistem *active balancing* pada baterai VRLA yang digunakan dalam sistem PLTS Off-grid melalui simulasi di MATLAB/Simulink.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5.2. Tujuan Khusus

Terdapat juga beberapa tujuan khusus yang ingin dicapai oleh peneliti, antara lain:

1. Mendapatkan nilai output daya, tegangan dan arus simulasi PLTS Off-grid sesuai dengan spesifikasi pada PLTS off-grid SPBKLU Politeknik Negeri Jakarta.
2. Mendapatkan nilai perbandingan waktu *balancing*, tegangan, dan arus pada simulasi *active balancing* dengan FLC dan *duty cycle* tetap.

1.6. Manfaat Penelitian

1.6.1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Battery Management System (BMS), khususnya pada teknik *active balancing* berbasis *Artificial Intelligence* (AI). Hasil penelitian ini juga diharapkan bisa menjadi referensi akademik bagi mahasiswa, dosen dan peneliti yang tertarik pada topik penelitian ini.

1.6.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam merancang sistem penyimpanan energi berbasis baterai VRLA yang lebih efisien dan andal pada aplikasi PLTS Off-grid. Penerapan Fuzzy Logic Controller dalam sistem *active balancing* terbukti dapat membantu menjaga keseimbangan tegangan antar sel, sehingga berpotensi memperpanjang umur pakai baterai dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7. Sistematikan Penulisan

Untuk memudahkan dan menjaga agar penulisan tetap terstruktur, berikut sistematika penulisan pada penelitian ini:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah pada penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian, serta sistematika penulisan skripsi secara keseluruhan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat landasan teori penelitian, kajian hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai referensi dan pembanding, serta kerangka pemikiran penelitian ini ditulis.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi tahapan perancangan, pengumpulan data, pelaksanaan simulasi, serta metode analisis yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil yang diperoleh dari proses penelitian serta analisis pembahasan yang dilakukan berdasarkan data dan teori yang relevan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian perancangan simulasi *buck-boost active balancing* dengan kontrol duty cycle tetap dan fuzzy logic controller, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini didapatkan proses penyeimbangan baterai yang digunakan untuk menyeimbangkan empat buah baterai dengan nilai SOC dan tegangan yang berbeda – beda. Hasil pengujian membuktikan bahwa rangkaian konverter dapat mengalirkan tegangan baterai yang lebih besar kepada baterai dengan tegangan yang lebih kecil.
2. Pada proses pengujian ini, sumber daya yang digunakan untuk mengisi baterai berasal dari simulasi PLTS Off-grid yang menghasilkan daya sebesar 2690 W dengan tegangan dan arus sebesar 320 V dan 8,4 A pada kondisi ideal 1000 W/m² dan 25°C menggunakan metode MPPT P&O seperti pada gambar 4.14. Tegangan dari panel surya diturunkan menggunakan konverter buck menjadi 55,2 V agar tegangan masuk tidak melebihi nominal tegangan 4 buah baterai.
3. Hasil pengujian simulasi menunjukkan bahwa sistem active balancing pada baterai VRLA dengan konverter buck-boost yang dikendalikan oleh Fuzzy Logic Controller (FLC) memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode duty cycle tetap, baik dalam hal penyeimbangan State of Charge (SOC) maupun tegangan antar sel. Metode FLC berhasil menyeimbangkan keempat baterai dalam waktu 71,8 detik dengan SOC sebesar 47,41%, jauh lebih cepat dibandingkan metode duty cycle tetap yang membutuhkan waktu 302 detik dengan SOC akhir 48,41%. Selain itu, proses penyeimbangan tegangan juga lebih efisien dengan FLC, yang hanya memerlukan waktu 248,4 detik untuk mencapai tegangan seimbang sebesar 13,38 V, dibandingkan dengan 491,7 detik dan tegangan 13,41 V pada metode



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

konvensional. Keunggulan ini menunjukkan bahwa FLC memberikan respons kendali yang lebih adaptif terhadap perbedaan kondisi antar sel, sehingga menghasilkan proses balancing yang lebih cepat dan efisien, meskipun kedua metode masih menunjukkan riak arus dan tegangan akibat switching pada MOSFET.

6.2. Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menerapkan sistem kendali kontrol PID yang digabungkan dengan FLC untuk mengatur duty cycle tetap stabil. Dengan menggabungkan dua tipe kontrol, sistem active balancing dapat menyesuaikan tegangan yang dinamis.
2. Untuk penelitian berikutnya, disarankan untuk membangun model rancangan nyata sehingga, dapat melihat pengaruh parameter lain pada baterai, seperti pengaruh temperatur baterai dan beban.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Aprillia, B. S., Silalahi, D. K., Adam, K. B., & Yuda, P. K. B. P. (2024). Design of passive voltage balancer system for lead acid battery. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 13(2), 724–733. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i2.5806>
- Barsukov, Y. (2009). Battery Cell Balancing: What to Balance and How. *Texas Instruments*, 21–28.
- Daowd, M., Omar, N., Bossche, P. Van Den, & Mierlo, J. Van. (2011). Passive and active battery balancing comparison based on MATLAB simulation. *2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2011.6043010>
- Diantari, R. A., Erlina, & Widyastuti, C. (2017). Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai Plts. *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 9(2).
- Edmondson, J. (2022). *Battery Swapping for Electric Vehicles 2022-2032: Technology, Players and Forecasts*.
- Fadhila Permana, A., Prasetya, S., & Mafendro Dedet, Y. E. (2022). Studi Pendahuluan Sistem PLTS Off Grid Sebagai Sumber Mobile SPBKL. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 866–872. <http://prosiding.pnj.ac.id>
- Faisal, M., Hannan, M. A., Ker, P. J., Hussain, A., Mansor, M. Bin, & Blaabjerg, F. (2018). Review of energy storage system technologies in microgrid applications: Issues and challenges. *IEEE Access*, 6, 35143–35164. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2841407>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Faqih, M. R., Windarko, N. A., & Wahjono, E. (2021). Sistem Baterai Cell Balancing Pasif Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy Tipe Mamdani untuk Baterai Pack Lithium. *Jurnal J-Innovation*, 10(2).

Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., Bothe, K., Hinken, D., Rauer, M., & Hao, X. (2022). Solar cell efficiency tables (Version 60). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 30(7), 687–701. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/pip.3595>

Hannan, M. A., Hoque, M. M., Mohamed, A., & Ayob, A. (2017). Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges. Dalam *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 69, hlm. 771–789). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.171>

Hartono, & Leksono, E. (2023). Design of Fuzzy Logic Controller for Inductor Based Cell Balancing in Battery Management System. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 10(2), 208–216. <https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v10i2.4359>

Haryanto, T., Charles, H., & Pranoto, D. H. (2021). Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 41.

Huynh, D. C., Nguyen, T. M., Dunnigan, M. W., & Mueller, M. A. (2013). Global MPPT of solar PV modules using a dynamic PSO algorithm under partial shading conditions. *2013 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT)*, 134–139. <https://doi.org/10.1109/CEAT.2013.6775614>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Kolewora, Y. M., Firmansyah, E., & Suharyanto. (2018). MPPT Berdasarkan Algoritma P&O dan IC pada INTERLEAVED-FLYBACK 250W. *Jurnal Telematika*, 11(1).

Lu, M., Fan, Y., & Chong, B. (2020, Desember 17). A Novel Comprehensive SOC-Voltage Control Scheme for Lithium-ion Battery Equalization. *Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing, PICC 2020*. <https://doi.org/10.1109/PICC51425.2020.9362458>

Mudzakir, M. A., Marwanto, A., & Alifah, S. (2021). Boost Buck Converter Based on Fuzzy Logic for Voltage Stabilizer. *Journal of Telematics and Informatics (JTI)*, 9(1), 1–11.

Muhammad, U. (2023). Identifikasi Permasalahan Pengoperasian PLTS Offgrid. *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, 4(2).

Prasetya, S., Rahman, H., Todaro, M., Tullah, M. H., Prasetyono, E., Fadil, J., Nugroho, M. A. B., Suprianto, T., Hayusman, L. M., & Zainuri, F. (2024). Structural Performance Evaluation Of Mobile Solar-Powered Battery Swap Station For Electric. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(8(132)), 25–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.318787>

Rashid, M. H. . (2014). *Power electronics : devices, circuits, and applications*. Pearson.

Rauf, R., Ritnawati, Rachim, F., Dahri, A. T., Andre, H., Napitupulu, R. A. M., Erdawaty, Aminur, Corio, D., & Siagian, P. (2023). *Matahari sebagai Energi Masa Depan Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)* (A. Karim, Ed.). Yayasan Kita Menulis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Samsurizal, Mauriraya, K. T., Fikri, M., Pasra, N., & Christiono. (2021). *Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)* (R. Hidayawanti, Ed.; 1 ed.). Institut Teknologi PLN.

Shafly Zulkarnaen, A., Winardi, B., & Setiyono, B. (2020). Desain Dan Simulasi Sistem Plts Dengan Penyimpanan Baterai Menggunakan Bidirectional DC-DC Converter Dengan Metode Proportional-Integral Di Sma Negeri 4 Semarang Menggunakan Matlab Simulink. *TRANSIENT*, 9(4). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>

Shylla, D., Swarnkar, R., Harikrishnan, R., & Md Ali, S. H. (2023). Active Cell Balancing During Charging and Discharging of Lithium-Ion Batteries in MATLAB/Simulink. *Proceedings of the 2023 2nd International Conference on Electronics and Renewable Systems, ICEARS 2023*, 201–208. <https://doi.org/10.1109/ICEARS56392.2023.10085110>

Sitanggang, G. B., Dan, A., & Sinuraya, E. W. (2021). Perancangan Kontrol Mppt Dengan Metode P&O Pada Sistem PV Di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro. *TRANSIENT*, 10(1), 2685–0206. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>

Syafii, Fakhri, I. El, Agung, T. K., & Azizah, F. (2024). Design of battery state of charge monitoring and control system using coulomb counting method based. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 33(2), 736–745. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v33.i2.pp736-745>

Wu, T., & Zhang, Y. (2024). Lithium-Ion Battery Pack Based on Fuzzy Logic Control Research on Multi-Layer Equilibrium Circuits. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering*, 121(8), 2231–2255. <https://doi.org/10.32604/ee.2024.049883>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Xing, Y., Ma, E. W. M., Tsui, K. L., & Pecht, M. (2011). Battery Management Systems in Electric and Hybrid Vehicles. *Energies*, 4(11), 1840–1857. <https://doi.org/10.3390/en4111840>

Yang, Z. Z. (2022). Development of an Active Equalizer for Lithium-Ion Batteries. *Electronics* (Switzerland), 11(14). <https://doi.org/10.3390/electronics11142219>

Yüksek, G., & Alkaya, A. (2023). Effect of the Depth of Discharge and C-Rate on Battery Degradation and Cycle Life. *2023 14th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ELECO60389.2023.10415967>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

KIJO JM12-200

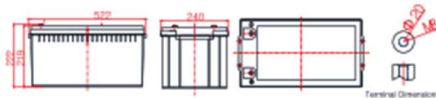


General Features

- High corrosion resistant performance: Pb-Ca multi-alloy grid
- High energy density and power density
- Optimized capability of instant high-current discharging
- Excellent charge acceptance ability
- Excellent deep cycle discharge capability
- Strong high and low temperature performance
- Precision sealing technology
- Long life



Dimension: 522(L)×240(W)×219(H)×222(TH) Unit: mm



JM Series lead-acid battery

Applications

- UPS/EPS
- Power systems
- Telecommunications system
- Emergency lighting, Auto control system
- Solar/wind generating storage cyclic
- Other general purpose

Specification

Nominal Voltage	12V
Nominal Capacity	200Ah
Design life	10 years
Terminal	M8
Approx. Weight	Approx 57.0kg (126lbs)
Container Material	ABS
Rated Capacity	200Ah 20Hour Rate (10.0A to 10.5V)
	151Ah 3Hour Rate (50.3A to 10.5V)
	125Ah 1Hour Rate (125A to 9.6V)
Internal resistance	Full charged at 25°C: 3.0 mΩ
Max. Discharge Current	2400A(5S)
Operating Temperature	Discharge: -20 ~50°C(-4~ 122°F)
	Charge : -20 ~50°C(-4~ 122°F)
	Storage: -20 ~50°C(-4~ 122°F)
Charge current:	Max.50A ; Recom.20A
Float Charge voltage(-18mV/°C) :	
Charge Method (25 °C)	13.5-13.8V, recom.13.5V(Full floating system)
	13.5-13.8V, recom.13.62V(Cycle use system)
	Equalize charge:13.8-14.1V, recom.14.1V(-24mV/ °C)
Cycle charge:	14.4-15.0V, recom.14.4V(-30mV/ °C)
Self discharge	3% of capacity declined per month at 25°C

Constant Current Discharge Characteristics Unit: A (25°C, 77°F)

FV/Time	5min	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	655	352	214	125	71.8	52.1	35.0	23.0	19.3	10.1
1.65V	635	341	210	124	71.4	51.6	34.6	22.8	19.1	10.1
1.70V	610	334	207	124	70.9	50.8	34.2	22.6	19.0	10.0
1.75V	561	323	205	122	69.8	50.3	33.9	22.4	18.8	10.0
1.80V	503	301	196	119	68.5	49.9	33.0	22.2	18.6	9.94
1.85V	448	268	179	110	65.0	47.0	31.3	21.3	18.0	9.78

Constant Power Discharge Characteristics Unit: W/cell (25°C, 77°F)

FV/Time	5min	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	1098	620	387	237	136	99.1	66.3	44.6	37.2	20.1
1.65V	1056	609	384	235	135	97.8	65.9	44.3	36.8	20.0
1.70V	1051	602	384	233	135	97.3	65.4	44.1	36.4	19.9
1.75V	980	598	382	231	134	96.7	65.0	43.7	36.1	19.8
1.80V	900	565	373	229	134	96.4	64.3	43.3	35.7	19.7
1.85V	803	505	342	213	128	91.6	61.4	41.9	35.1	19.5

Disclaimer: Manufacturers have the right to self-modify the parameters of the product updates, please keep in touch with manufacturers to obtain the latest information.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

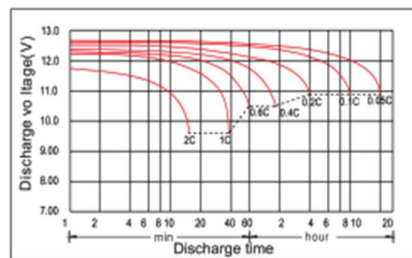
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

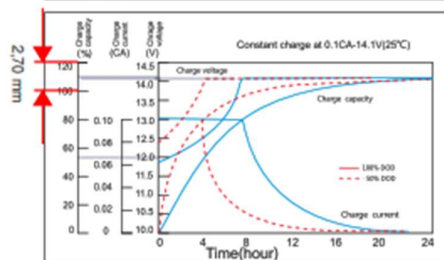
KIJO JM12-200

JM Series lead-acid battery

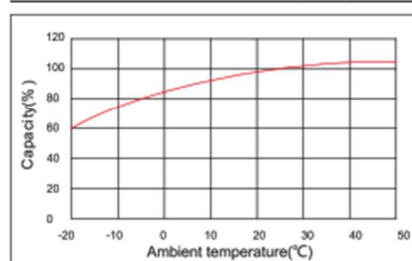
Discharge characteristic



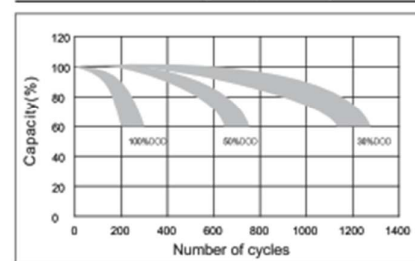
Charging characteristic



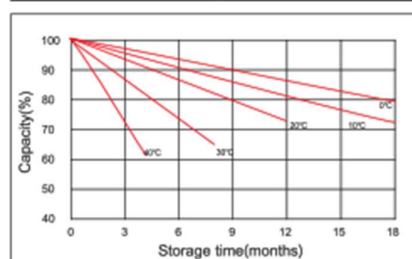
The effect of temperature on capacity



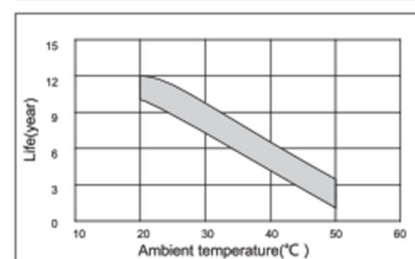
The effect of discharge depth on cycle life



Curves of self-discharge



The effect of temperature on float life





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



MONO-24V-300



SPECIFICATION

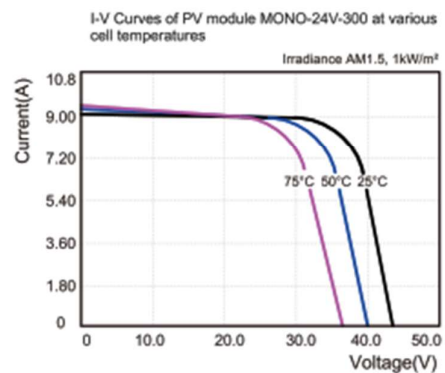
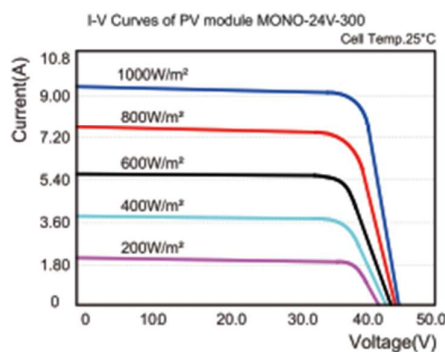
Maximum power (Pmax)	300W
Voltage at Pmax (Vmp)	35.6V
Current at Pmax (Imp)	8.43A
Open-circuit voltage (Voc)	42.6V
Short-circuit current (Isc)	9.03A
Module Efficiency	19%
Temperature coefficient of Voc	-(0.40 ± 0.05)%/ °C
Temperature coefficient of Isc	(0.065 ± 0.01)%/ °C
Temperature coefficient of power	-(0.5±0.05)%/ °C
NOCT (Air 20°C; Sun 0.8kW/m² wind 1m/s)	47±2°C
Operating temperature	-40°C to 85°C
Maximum system voltage	1000V DC
Power tolerance	± 3%
Cells	monocrystalline silicon solar cell
No. of cells and connections	64(4 x 16)
Module Dimension	1750mm[68.90in.]x880mm[34.65in.]x35mm[1.38in.]
Weight	16.1kg[35.42lbs]

* STC: Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C

* Specifications are subject to change without notice at any time.

Packing Dimension (mm) : 1775 x 900 x 50

I-V CURVES





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Nama Lengkap : Muhamad Fazri Muchlas
2. NIM : 2102321031
3. Tempat, Tanggal Lahir : Garut, 253 Maret 2003
4. Jenis Kelamin : Laki – laki
5. Alamat : Jl. Delima VI/6/35, Malaka Sari, Duren Sawit, Jakarta Timur
6. Email : muhamad.fazri.muchlas.tm21@mhsw.pnj.ac.id
fazrimuch1@gmail.com
7. Pendidikan
 - SD (2009-2015) : SDN Malaka Sari 05 Jakarta Timur
 - SMP (2015-2018) : SMPN 165 Jakarta
 - SMA (2018-2021) : SMAN 44 Jakarta
8. Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi
9. Bidang Peminatan : Energi Terbarukan, Konversi Energi, Mechanical Process Engineering



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**